

# Nachhaltige Softwarearchitektur

Peter Kutschera

Practice Lead  
Sustainable Software Architecture

envite Consulting GmbH

**CONCISO.**

9.10.2024  
Dortmund  
Zukunftssichere Architekturen

envite 

# Umfrage (bitte per Handzeichen)

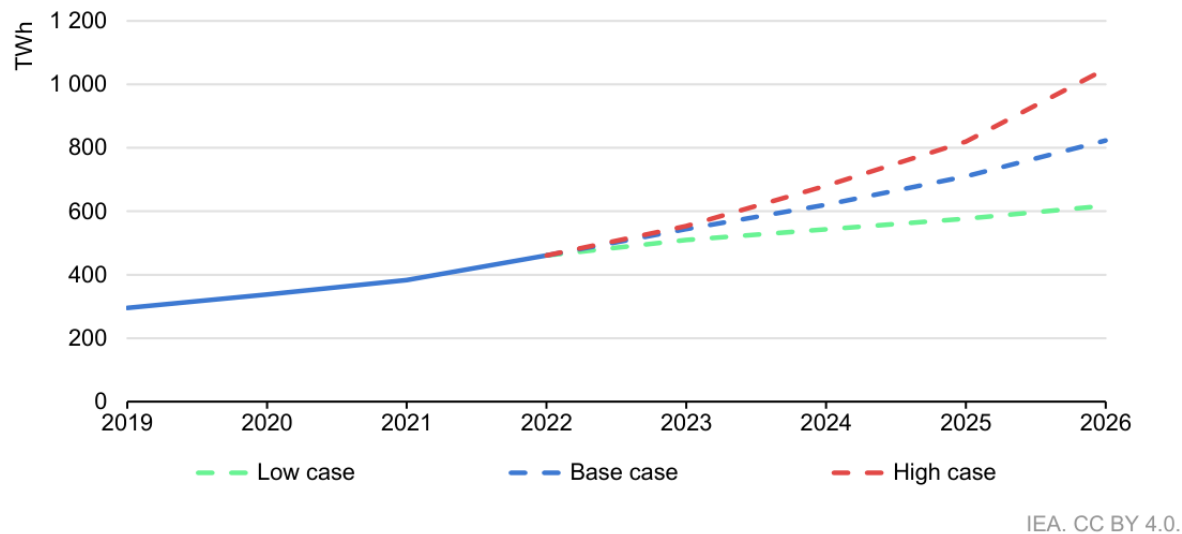
---

*Wer hat sich mit dem Thema Nachhaltigkeit  
(genauer gesagt: Energieeffizienz)  
bereits beschäftigt?*



# Globaler Energieverbrauch von IT

Global electricity demand from data centres, AI, and cryptocurrencies, 2019-2026



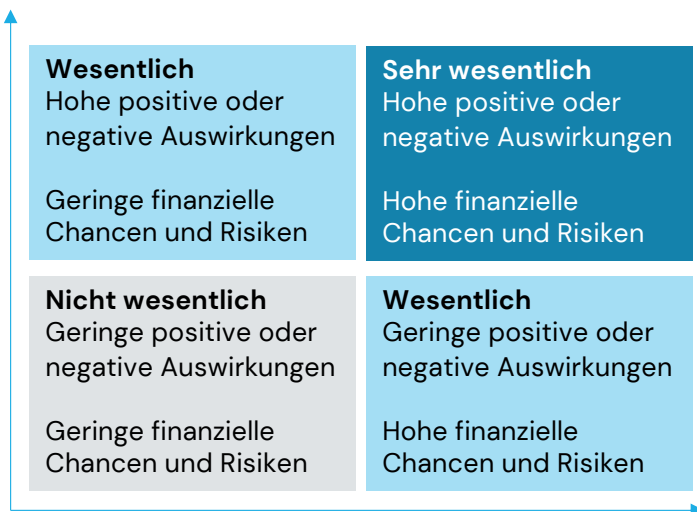
- Rechenzentren, Kryptowährungen und KI verbrauchten im Jahr 2022 weltweit etwa 460 TWh Strom, was fast 2 % des gesamten globalen Strombedarfs entspricht
- Ein zusätzlicher Strombedarf von 160 TWh bis zu 590 TWh im Jahr 2026 im Vergleich zu 2022 wird erwartet (entspricht einem Zuwachs von mindestens einem Schweden oder höchstens einem Deutschland)

IEA (2024) *Electricity 2024 - Analysis and forecast to 2026*, IEA. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>

# Aufgrund von Regulatorik wird Nachhaltigkeit zu einem Muss-Thema in Unternehmen

## Doppelte Wesentlichkeitsanalyse

Inside-Out: Einfluss des Unternehmens auf Nachhaltigkeitsthemen



Outside-In: Einfluss von Nachhaltigkeitsthemen auf das Unternehmen

konkretisiert

## Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) Reporting



**General sustainability standards**  
ESRS 1 – General Requirements  
ESRS 2 – General Disclosures



**Environmental standards**  
ESRS E1 – Climate change  
ESRS E2 – Pollution  
ESRS E3 – Water and marine resources  
ESRS E4 – Biodiversity and ecosystems (voluntary)  
ESRS E5 – Resource use and circular economy



**Social standards**  
ESRS S1 – Own Workforce  
ESRS S2 – Works in the value chain  
ESRS S3 – Affected communities  
ESRS S4 – Consumers and end-users

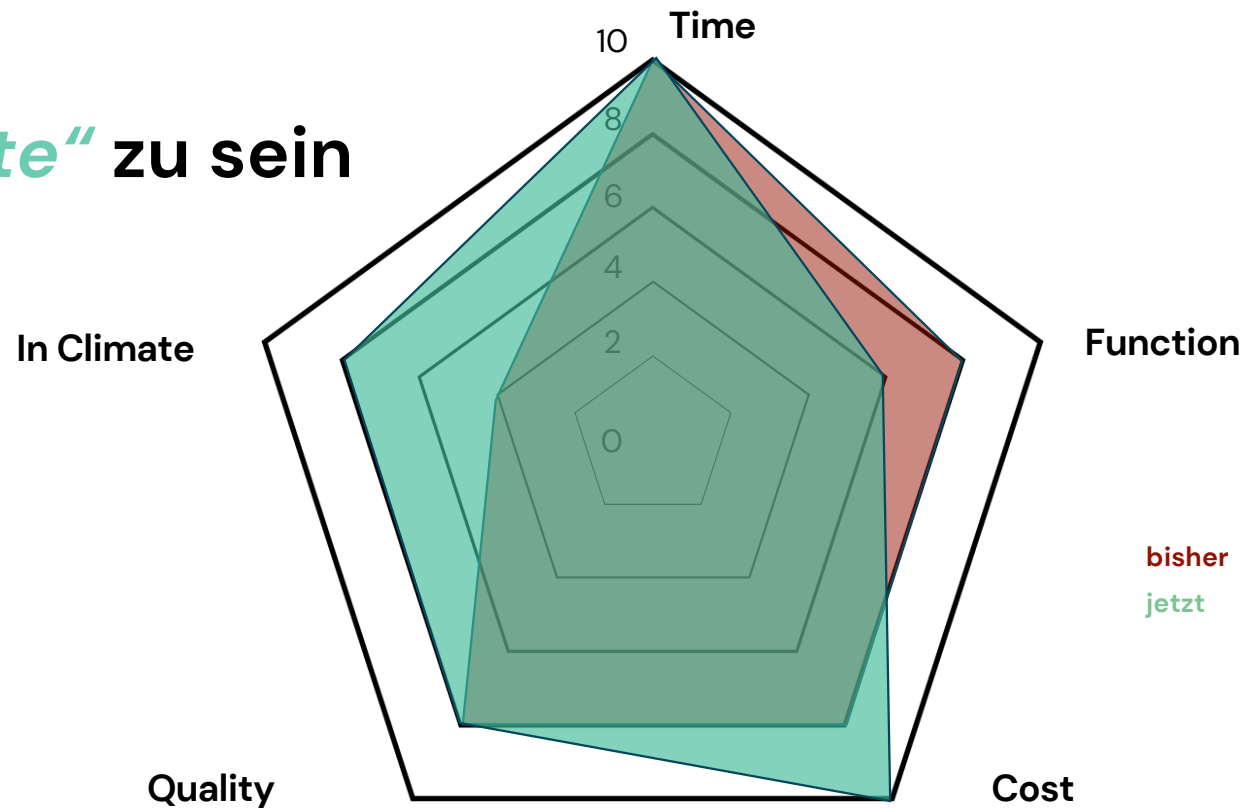


**Governance standard**  
ESRS G1 – Business Conduct

- Richtlinie der Europäischen Union über die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen
  - Teil des "European Green Deal" – Ende 2022 von den Mitgliedstaaten unterzeichnet
  - Pflicht zur Nachhaltigkeitsberichterstattung für alle kapitalmarktorientierten Gesellschaften sowie für alle Unternehmen, ab 2025, die mindestens zwei der folgenden Kriterien erfüllen:
    - mindestens 250 Mitarbeitende
    - über 50 Mio. Euro Nettoumsatz
    - über 25 Mio. Euro Bilanzsumme
  - Der Kreis der Verpflichteten wird sich in einem weiteren Schritt ab dem Jahr 2026 noch erweitern. Damit werden rund 49.000 Unternehmen in der EU betroffen sein.

# Gestiegene Energiekosten und Regulatorik führen zu einem neuen Optimierungsziel für die IT

Ziel ist es „*in climate*“ zu sein

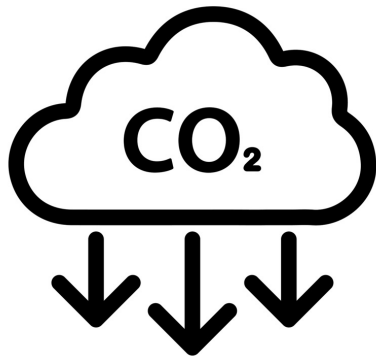




# Wie ermittelt man, ob man „in climate ist bzw. wie können CO<sub>2</sub>-Emissionen gemessen werden?

Ziel:

CO<sub>2</sub>-Emissionen  
reduzieren



Wie misst man die  
CO<sub>2</sub>-Emissionen von  
Anwendungs-  
software?



Lösung:

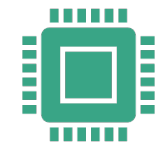
**Proxy Metriken**



Stromverbrauch



Kosten



CPU  
Nutzung



Speicher-  
verbrauch

...

# Wie können wir IT aus Sicht der Architektur klimaschonender bzw. energieeffizienter gestalten?

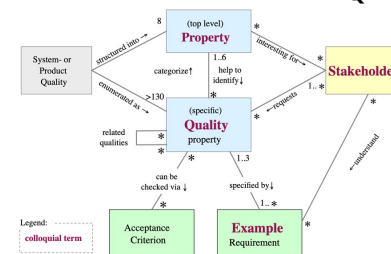


ISO 25010

| FUNCTIONAL QUALITY      | PERFORMANCE EFFICIENCY | COMPATIBILITY      | RELIABILITY     | SECURITY        | USABILITY   | MAINTAINABILITY | SCALABILITY               | SAFETY                |
|-------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|
| FUNCTIONAL CORRECTNESS  | TIME BEHAVIOUR         | CO-EXISTENCE       | FAULT TOLERANCE | CONFIDENTIALITY | REGULARITY  | ADAPTABILITY    | OPERATIONAL COMPATIBILITY | HAZARD IDENTIFICATION |
| FUNCTIONAL COMPLETENESS | RESOURCE UTILIZATION   | INTEROPERABILITY   | RECOVERABILITY  | INTEGRITY       | REGULARITY  | SCALABILITY     | SECURITY                  | IDENTIFICATION        |
| FUNCTIONAL PERFORMANCE  | CAPACITY               | OPERABILITY        | RECOVERABILITY  | ACCOUNTABILITY  | REGULARITY  | SCALABILITY     | SECURITY                  | IDENTIFICATION        |
|                         |                        | USER ENGAGEMENT    | RECOVERABILITY  | IDENTITY        | TESTABILITY | SECURITY        | IDENTIFICATION            | IDENTIFICATION        |
|                         |                        | USER ASSISTANCE    | RECOVERABILITY  | IDENTITY        | TESTABILITY | SECURITY        | IDENTIFICATION            | IDENTIFICATION        |
|                         |                        | HELP DESKPTIVENESS | RECOVERABILITY  | IDENTITY        | TESTABILITY | SECURITY        | IDENTIFICATION            | IDENTIFICATION        |

- Energieeffizienz findet sich hier nur indirekt wieder
- *Performance Efficiency* besitzt die Teilmerkmale *Time Behaviour*, *Resource Utilization* und *Capacity*

Q42



Hier finden sich die Merkmale *Resource Utilization*, *Energy Efficiency*, *Carbon Emission Efficiency*



# Denkanstöße

**Hinweis:** Optimierungsziel ist Ressourcenverbrauch nicht Antwortzeit.



- Müssen es unbedingt Microservices sein oder löst auch ein **strukturierter Monolith** (Spring Modulith) mein Problem?

|             | Monolith | Microservices |
|-------------|----------|---------------|
| Latency     | x        |               |
| Throughput  | x        |               |
| Scalability |          | x             |
| CPU         | x        |               |
| Memory      | x        |               |
| Network     | x        |               |

Bjørndal, Nicholas & Mazzara, Manuel & Bucchiarone, Antonio & Dragoni, Nicola & Dustdar, Schahram. (2021). Migration from Monolith to Microservices: Benchmarking a Case Study. The Journal of Object Technology. 20. 3:1. 10.5381/jot.2021.20.2.a3.

# Denkanstöße zum Thema

## Implementierung

- Wie optimiert ist das zur Kommunikation verwendete Datenformat?

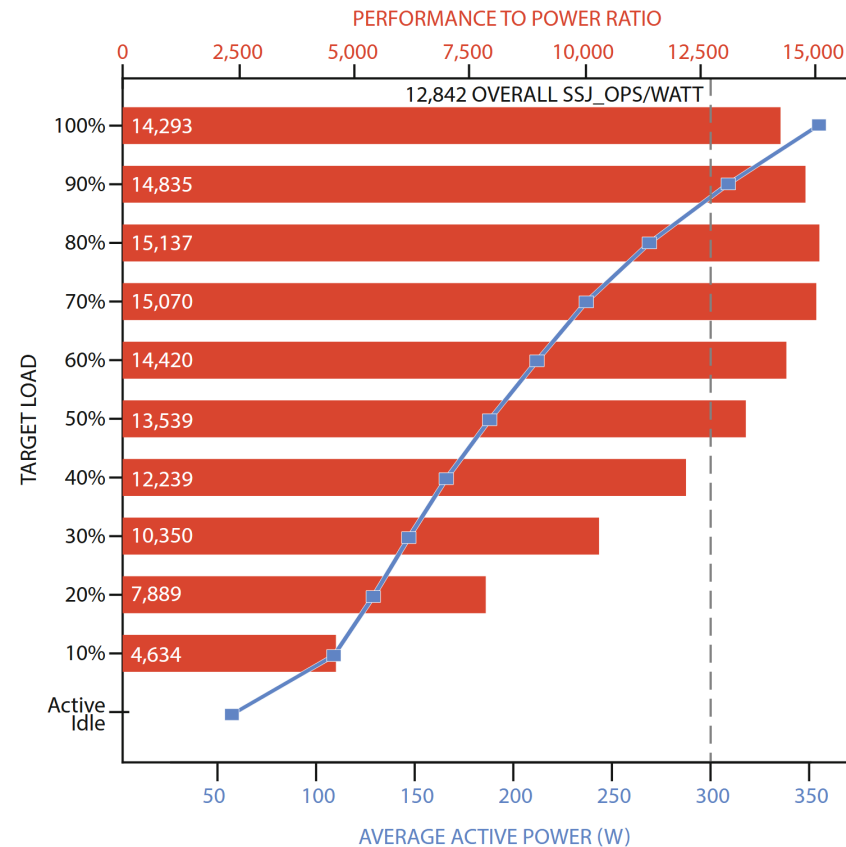
| Format                       | Durchschnittliche Größe von 10 serialisierten Dateien (Bytes) |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| XStream in XML               | 36973.6                                                       |
| JSON Libraries               | 15307.9                                                       |
| Apache Thrift (binary)       | 11328.0                                                       |
| Object Serialization in Java | 10746.6                                                       |
| Protobuf (binary)            | 7585.4                                                        |
| Avro (binary)                | 5844.1                                                        |

K. Maeda, "Performance evaluation of object serialization libraries in XML, JSON and binary formats," 2012 Second International Conference on Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), 2012, pp. 177-182, doi: 10.1109/DICTAP.2012.6215346.

# Denkanstöße zum Thema

## Betrieb

- Wie beeinflusst die Prozessorauslastung den Energieverbrauch?



Quelle: Barroso, L.A., Hölzle, U. and Ranganathan, P. (2019)  
*The Datacenter as a Computer: Designing Warehouse-Scale Machines.* <https://doi.org/10.1007/978-3-031-01761-2>

# Denkanstöße zum Thema

## Entwicklungsprozess

- Werden **nur** die **Tests** (Unit Tests) ausgeführt, die von **Änderungen** betroffen sind?

### (1) Einbindung in den Build

```
plugins {  
    id 'io.skippy' version '0.0.20'  
} dependencies {  
    testImplementation 'io.skippy:skippy-junit5:0.0.20'  
}
```

### (2) Einbindung in den Code

```
import io.skippy.junit5.PredictWithSkippy;  
  
@PredictWithSkippy  
public class FooTest {  
    @Test  
    public void testFoo() {  
        assertEquals("foo", Foo.getFoo());  
    }  
}
```

### (3) Testdurchführung

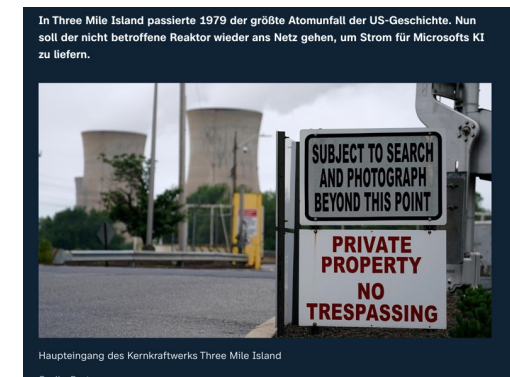
```
# First run  
./gradlew test  
FooTest > testFoo() PASSED  
  
#check results of TIA  
ls -l .skippy  
test-impact-analysis.json  
  
# Subsequent runs  
./gradlew test --rerun  
FooTest > testFoo() SKIPPED
```

Quelle: <https://www.skippy.io/>

# Fazit

---

- Wir können alle etwas tun, um IT nachhaltiger zu gestalten.
- Nachhaltigkeit muss in unserer Architekturarbeit berücksichtigt werden, es ist nicht damit getan „ein paar Parameter“ in Kubernetes zu verändern.
- **Warten** (*wenn erst einmal die Cloud Provider vollständig auf grünen Strom umgestiegen sind, habe ich nichts mehr zu tun*) **ist keine Option.**





A scenic view of a lake with mountains in the background and a person swimming in the water. The sky is blue with scattered white clouds. The mountains are dark and rugged. The water is a deep blue-green color with gentle ripples. A person is visible swimming in the water on the right side. A small boat is visible on the left side of the lake. The text "Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit" is overlaid in white on the left side of the image.

# Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

---

envite ✱

# iSAQB Advanced Level Modul GREEN: Entwurf und Betrieb CO<sub>2</sub>-effizienter Softwarearchitekturen

Das Modul GREEN setzt Softwarearchitekt:innen in die Lage, CO<sub>2</sub>-effiziente Software zu entwerfen und zu betreiben

## Inhalte

- Rolle der IT im Bezug auf den Klimawandel, Einführung in die aktuelle Regulatorik sowie Anforderungen von Stakeholdern und deren Handlungsfelder in Unternehmen.
- Messen und Monitoring von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- Energieeffizienz verschiedener Softwarearchitekturen und der Einfluss von Qualitätsanforderungen.
- Konzepte wie energieeffizientes Datenhandling und optimierte Algorithmen.
- Auswahl von Cloud-Providern und die Möglichkeiten zum CO<sub>2</sub>-armen Betrieb in der Cloud.
- Verbesserung der Energieeffizienz im Entwicklungsprozess.

## Öffentliche Trainings

- 18.-19.11.2024
- 20.-21.01.2025

Anmeldung unter  
<https://education.envite.com>



Inhouse-Trainings auf Anfrage!



# Fragen?

envite consulting GmbH

[www.envite.de](http://www.envite.de)



Peter Kutschera



[peter.kutschera@envite.de](mailto:peter.kutschera@envite.de)



[linkedin.com/in/peter-kutschera-a27345260/](https://www.linkedin.com/in/peter-kutschera-a27345260/)

envite 



# Backup



envite 

# Einschub: Folgende Werkzeuge hat envite bereits für Analysen und Messungen verwendet

